

# Rancang Bangun Sistem Pengaturan Tekanan Pompa Air Menggunakan Sistem Kontrol Logika Fuzzy

## Sub Judul: Kontroler dan Software

Ridwan Arif <sup>1\*</sup>, Ir. Hendik Eko H.S., MT <sup>2</sup>, Drs. Irianto, MT <sup>2</sup>

Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Industri <sup>1</sup>

Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri <sup>2</sup>

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

[Ridee\\_more@yahoo.co.id](mailto:Ridee_more@yahoo.co.id) \*

### Abstrak

Pada saat ini semua industri pasti membutuhkan air. Salah satu kebutuhan penting dalam proses produksi di industri adalah air. Air memerlukan pompa sebagai sarana distribusinya. Dalam proses kerjanya, pompa air memerlukan energi yang cukup besar. Tetapi sering kali pemakaian pompa air tidak sebanding dengan kapasitas kebutuhan air yang dikeluarkan. Apabila kerja pompa air tersebut dapat diatur menggunakan kontroler yang sesuai dan dapat bekerja sesuai karakteristik kebutuhan beban, yaitu pengendali yang dapat menyesuaikan antara tekanan pada keluaran pompa air dengan putaran motor penggeraknya dengan cara menjaga tekanan air agar tetap konstan. Pengendalian yang menggunakan pola berfikir manusia, serta dapat mengungkapkan perilaku sistem secara kuantitatif dengan menggunakan bahasa natural tanpa membuat model matematik dari plant. maka penggunaan energi listrik akan dapat direduksi serta kerugian daya listrik akan semakin kecil. Dari dasar pemikiran diatas, Dari pemikiran tersebut maka dibuatlah pengaturan tekanan air dari keluaran pompa air dengan cara mengatur kecepatan putaran motor penggerak pompa air menggunakan inverter yang dikendalikan oleh kontroler logika fuzzy.

Kata kunci : Kontrol Logika fuzzy, motor induksi 1 fasa, sensor tekanan

### Abstrack

At this time, All of industrial need water. Water is something important in the production process. Water need water pump system for distribute the water. In work method, Water pump system always needs high energy for running the process. But often use water pump is not proportional with water are used. When the work of water pump can be control by appropriate with load characteristic, the control that can adapt between output pressure of the water pump and turning or movement motor by the watching pressure permanent constant. The control that use pattern or thinking of the human, study ability can show system or the behavior quantitative that uses natural language without making mathematical model from plant. so electric power consumption will reduce and the power losses will be lower. From the base of thinking is made the control of water pressure from output of water pump with manage the speed water pump motor by single phase inverters, the control system uses fuzzy logic controller.

Keywords: fuzzy Logic control, induction motor 1 fasa, pressure sensor

## 1 Pendahuluan

Pada saat ini semua industri pasti membutuhkan air. Salah satu kebutuhan penting dalam proses produksi di industri adalah air, baik itu digunakan untuk proses produksi maupun untuk keperluan lain [1]. Air memerlukan pompa air sebagai sarana pendistribusiannya. Dalam proses kerjanya, pompa air memerlukan energi yang cukup besar. Sering kali pompa air dioperasikan secara terus menerus sehingga dapat mengakibatkan kerugian daya listrik yang besar [2]. Apabila kerja pompa air tersebut dapat diatur menggunakan kontroler yang sesuai dan dapat bekerja sesuai karakteristik kebutuhan beban (pemakaian air), maka penggunaan energi listrik akan dapat direduksi serta kerugian daya listrik akan semakin kecil. Dari dasar pemikiran diatas, maka dibuatlah pengaturan tekanan air dari keluaran pompa air dengan cara mengatur kecepatan putaran motor penggerak pompa air menggunakan *single phase full bridge inverter* yang

dikendalikan oleh kontroler logika fuzzy. Metode pengaturan berbasis logika fuzzy dikembangkan untuk mengatasi kelemahan-kelemahan yang ada pada metode pengaturan secara konvensional atau metode pengaturan secara *on-off* seperti pada metode *look-up table* dan metode pemodelan matematis [2]. Metode kontrol dengan logika fuzzy menawarkan pemecahan masalah yang intuitif dan disesuaikan dengan cara berpikir manusia.

### 1.1 Tujuan

Proyek Akhir ini bertujuan untuk membuat sebuah rancang bangun sistem pengaturan tekanan pompa air guna efisiensi pemakaian daya listrik. Proyek akhir ini juga bertujuan untuk mengimplementasikan kontroler logika fuzzy pada sebuah sistem pengaturan agar sistem menjadi lebih fleksible dan lebih mudah beradaptasi dibandingkan dengan sistem kontrol konvensional.

## 1.2 Batasan Masalah

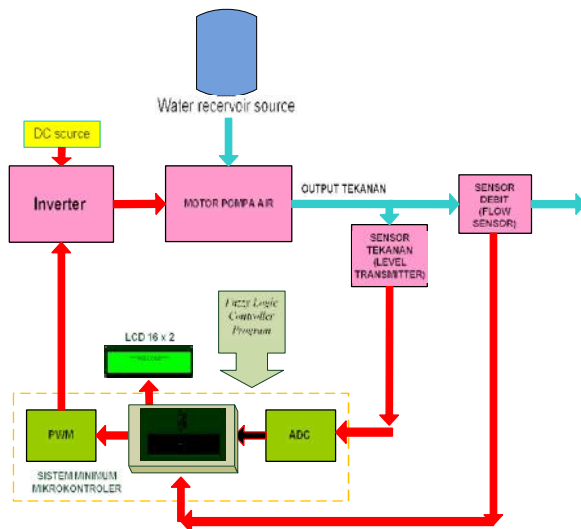
1. *Setting point* yang digunakan adalah tetap dan ditentukan di dalam program.
2. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *Center of Gravity (COG)* yang diterapkan pada fungsi keanggotaan keluaran *Singleton*.
3. Parameter masukan kontroler yang digunakan adalah hasil pembacaan dari level transmitter yang terbaca melalui sensor tekanan, bukan diambil dari parameter kecepatan motor.
4. Tampilan volume air pada *LCD* hanya digunakan sebagai *monitoring* saja tanpa digunakan untuk parameter kontrol.

## 2 Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Lunak

### 2.1 Konfigurasi Sistem

Secara keseluruhan sistem kerja dari proses pengaturan tekanan pompa air ini adalah mengatur putaran motor induksi satu fasa yang di-couple dengan sistem pompa air. Putaran motor pompa air tersebut nantinya akan berputar dengan kecepatan tertentu berdasarkan hasil pengolahan dari sistem control. Motor Induksi satu fasa inilah yang nantinya dikendalikan putarannya dengan cara mengatur frekuensi tegangan input pada motor induksi satu fasa. Pengaturan frekuensi tegangan input menggunakan rangkaian power elektronik yaitu berupa rangkaian DC to AC converter. Metode yang diterapkan dalam sistem pengaturan ini adalah dengan sistem control logika fuzzy. Dengan menggunakan kontroler fuzzy diharapkan sistem pengaturan tekanan pompa air ini akan lebih fleksible sesuai dengan kebutuhan beban.

Secara keseluruhan gambaran sistem yang dibangun pada sistem pengaturan ini dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:

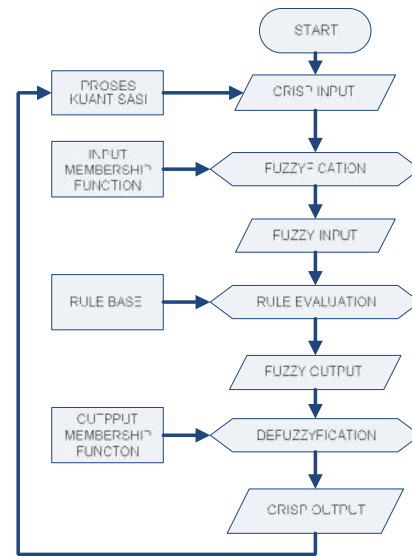


Gambar 1. Blok diagram system

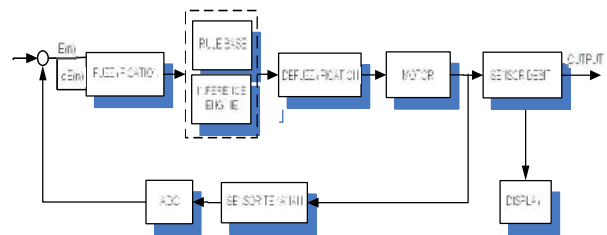
### 2.2 Perencanaan Program Fuzzy

Dalam proses perancangan perangkat lunak (*software*) program fuzzy logic controller memerlukan program development yang digunakan untuk membangun parameter-parameter yang dibutuhkan

dalam proses penulisan program fuzzy. Berikut ini adalah flowchart proses pengendali logika fuzzy secara lengkap beserta blok diagram kontroler secara lengkap.



Gambar 2. Flowchart system



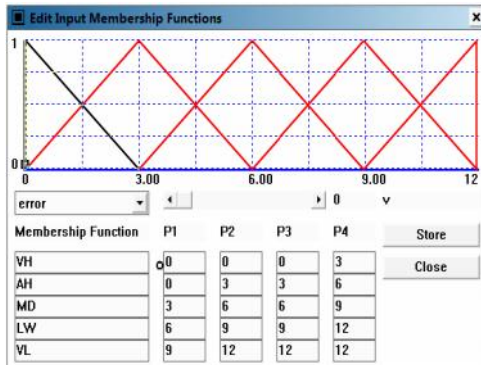
Gambar 3. Blok diagram kontroler

### 2.3 Desain Crisp Input dan Crisp Output

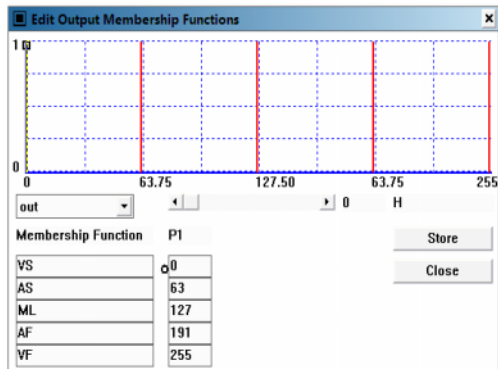
Masukan crisp ini berupa besaran numerik yang nantinya akan diubah menjadi besaran linguistic pada proses fuzzyfikasi. Pada proyek akhir ini menggunakan dua input dan satu output. Input yang digunakan adalah error (=setting point-preset value) dan delta error (=Error - (Error-1)). Range masukan yang digunakan adalah 0 volt - 5 volt dengan setting point 10 volt. Dalam desain membership function menggunakan FUDGE diwakili dengan nilai sebesar 0 volt - 12 volt. Jumlah membership function yang digunakan adalah sebanyak 5 buah dengan jenis segitiga. Sedangkan Output range sebesar 0 - 255.

### 2.4 Fungsi Keanggotaan

Pada sistem ini terdapat lima buah label membership function error dan lima label membership function delta error, yaitu: VH=very high, AH=high, MD=middle, LW=low dan VL=very low. Label antara error dan delta error adalah sama. Nama label yang digunakan tersebut adalah mewakili besar kecilnya tekanan pada sensor tekanan yang digunakan sebagai masukan kontroler. Sedangkan untuk label membership function output adalah: VS=very slow, AS=slow, ML=middle, AF=fast, VF=very fast. Nama label yang digunakan tersebut adalah mewakili kecepatan dari motor pompa air.



Gambar 4. Fungsi derajat keanggotaan input



Gambar 5. Fungsi derajat keanggotaan output

Tabel label derajat keanggotaan dapat di lihat dibawah ini.

Tabel 1: Tabel derajat keanggotaan Input

LABEL	INPUT NAME	KETERANGAN	RANGE
1	VH	VERY HIGH	0 – 1,25
2	AH	HIGH	0 – 2,50
3	MD	MIDDLE	1,25 – 3,75
4	LW	LOW	2,50 – 5,00
5	VL	VERY LOW	3,75 – 5,00

Tabel 2: Label derajat keanggotaan output

LABEL	INPUT NAME	KETERANGAN	RANGE
1	VS	VERY SLOW	0
2	AS	SLOW	64
3	ML	MIDDLE	127
4	AF	FAST	191
5	VF	VERY FAST	255

## 2.5 Desain Rule Base

Rule base adalah sekelompok aturan *fuzzy* dalam berhubungan dengan keadaan sinyal masukan dan sinyal keluaran. Rule base merupakan dasar dari pengambilan keputusan atau inference proses untuk mendapatkan aksi keluaran sinyal kontrol dari suatu kondisi masukan yaitu error dan delta error dengan berdasarkan rule-rule yang telah ditetapkan.

Tabel 3: Rule Matrik

ERROR D_ERR	VH	AH	MD	LS	VS
VH	VS	VS	VS	AS	ML
AH	VS	AS	AS	ML	AF
MD	VS	AS	ML	AF	VF
LS	AS	ML	AF	AF	VF
VS	ML	AF	VF	VF	VF

## 2.6 Defuzzifikasi

Dalam proses defuzzifikasi semua keluaran *fuzzy* yang signifikan akan dikombinasikan ke dalam bentuk variabel keluaran yang spesifik. Dalam proses ini seluruh nilai keluaran *fuzzy* secara efektif akan mengubah fungsi keanggotaan keluarannya. Seperti halnya pada proses evaluasi rule, dengan menyimpan rule strength yang terbesar untuk tiap consequent, maka rule yang paling benar akan mendominasi. Dengan menggunakan metode defuzzifikasi COG, keluaran nilai-nilai singleton dikombinasikan menggunakan bobot rata-rata. Rumus COG untuk perhitungan reduksi adalah:

$$\text{crispoutput} = \frac{\sum i(\text{fuzzy output}) \times (\text{singleton positif})}{\sum i(\text{fuzzy output})}$$

## 3. Pengujian dan Analisa

### 3.1 Pengujian ADC

Pengujian *analog to digital converter* (ADC) internal mikrokontroler ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari ADC dalam mengkonversi tegangan analog ke tegangan digital. Tegangan referensi ( $V_{ref}$ ) yang digunakan adalah pada Pin  $A_{ref}$  dimana tegangan sama dengan tegangan sumber dari mikrokontroler, yaitu sebesar 5 volt. *Setting* ADC menggunakan *clock* sebesar 691.200 Khz dengan menggunakan *automatic scant Input*.

Table 4: Data pengujian ADC

No	Teg. Input ADC (volt)	Output ADC (praktek)		Output ADC (teori)		Prosentase Error	
		Dec.	Teg. (volt)	Dec.	Teg. (volt)	Dec. (%)	Teg. (%)
1	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
2	0.25	12	0.24	12.8	0.25	6.25	4.00
3	0.50	25	0.49	25.6	0.50	2.34	2.00
4	0.75	38	0.75	38.4	0.75	1.04	0.00
5	1.00	50	0.98	51.2	1.00	2.34	2.00
6	1.25	63	1.24	64	1.25	1.56	0.80
7	1.50	76	1.49	76.8	1.50	1.04	0.67
8	1.75	89	1.75	89.6	1.75	0.67	0.00
9	2.00	102	2.00	102.4	2.00	0.39	0.00
10	2.25	115	2.25	115.2	2.25	0.17	0.00

### 3.2 Pengujian PWM

Pengujian PWM ini bertujuan untuk melihat keluaran dari PWM yang dibangkitkan dari mikrokontroler ATmega16 menggunakan instruksi *interrupt timer/counter 1*. PWM ini nantinya digunakan sebagai masukan rangkaian totempole dan diteruskan untuk menyulut kaki-kaki *gate* mosfet pada rangkaian *single phase inverter*. PWM yang dibangkitkan mempunyai *duty cycle* yang sama yaitu 50%, yang

berubah adalah frekuensinya. Frekuensi yang dibangkitkan mulai dari 0 sampai dengan 50 Hz.

Perbandingan antara hasil perhitungan secara teori dengan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5: perbandingan frekuensi teori dan praktek

No	Teori		Hasil pengujian		% Error
	frekuensi	Periode	frekuensi	Periode	
1	50 Hz	20 ms	50 Hz	20 ms	0%
2	40 Hz	25 ms	41.6 Hz	24 ms	4%
3	30 Hz	33.3 ms	31.7 Hz	31.5 ms	5.6%

### 3.3 Pengujian Program Kontrol Logika Fuzzy

#### A. Proses Kuantisasi

Kuantisasi digunakan untuk memudahkan proses inisial pada data masukan fuzzy.

Tabel 6: data hasil proses pembacaan error, delta error, QL\_error dan QL\_derror

No	Present Value		Error Input	Derror Input	QL-error QL_derror	Range Quantisasi
	Volt	Dec				
1	0.00	000	5.00	0.00	12	>=5
2	0.16	008	4.64	0.16	11	4.6 – 4.9
3	0.75	030	4.25	0.59	10	4.2 – 4.5
4	1.02	052	3.98	0.27	9	3.6 – 4.1
5	1.55	079	3.45	0.45	8	3.2 – 3.5

#### B. Proses Fuzzyfikasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kebenaran letak dari titik fungsi keanggotaan yang telah didefinisikan secara diskrit pada proses perencanaan fungsi keanggotaan.

Table 7: data hasil pengujian proses fuzzyfikasi

No	MF error	Quantisasi
		Ke-7
1	VH	0
2	AH	0
3	MD	0.7
4	LW	0.3
5	VL	0
No	MF derror	Quantisasi
		Ke-11
1	VH	0
2	AH	0
3	MD	0
4	LW	0.3
5	VL	0.7

#### C. Proses Defuzzyfikasi

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah nilai keluaran fuzzy hasil dari proses *rule base evaluation* dan proses defuzzyfikasi sudah sesuai dengan yang diharapkan pada program. Hasil keluaran fuzzy diperoleh dari proses penjumlahan keseluruhan dari hasil *rule*

*base evaluation* kemudian dikalikan dengan nilai titik tengah dari masing-masing nilai fungsi keanggotaan. Metode fuzzyfikasi yang digunakan adalah COG (*center of gravity*).

Table 8: data hasil pengujian proses defuzzyfikasi

No	Present Value (V)	Defuzzyfikasi	Output Fuzzy
1	0.00	0.00	0.00
2	1.00	3.00	63.75
3	1.75	3.90	82.87
4	2.00	5.10	108.37
5	2.50	6.00	127.5

#### D. Pengujian Perangkat Lunak Secara Keseluruhan

Pengujian perangkat lunak secara keseluruhan bertujuan untuk melihat hasil dari masing-masing program setelah diintegrasikan. Pengujian pada proses ini dilakukan untuk melihat hasil keluaran dari sistem fuzzy dengan cara mengatur sinyal masukan kontroler sesuai dengan pembacaan sensor tekanan. Pengujian hanya dilakukan dengan menggunakan beberapa data sebagai percobaan. Setelah diadakan pengujian, didapatkan hasil pembacaan keluaran fuzzy yang berubah sesuai dengan sinyal masukan.

Table 9: data hasil pengujian proses keseluruhan

No	Present Value (V)	Error Input	Derror Input	QL-error QL_derror	Defuzzyfikasi	Output Fuzzy
1	0.00	5.00	0.00	12	0	0
2	0.16	4.64	0.16	11	0.90	19.12
3	0.75	4.25	0.59	10	2.10	44.62
4	1.02	3.98	0.27	9	3.00	63.75
5	1.55	3.45	0.45	8	3.90	82.87

Dari hasil pengujian diatas, sistem software dapat bekerja dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan keluaran sistem kontroler yang dapat berubah mengikuti perubahan sinyal masukan dari kontroler.

### 4. Kesimpulan

Setelah melalui beberapa proses dalam pengerjaan proyek akhir ini secara keseluruhan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dalam proses pembuatan desain fungsi keanggotaan, rule base dan defuzzyfikasi dapat menggunakan bantuan software FUDGE. Hal ini dapat mempermudah dalam penentuan nilai dan parameter-parameter fuzzy yang nantinya akan digunakan dalam penulisan program.
2. Pembacaan sensor tekanan yang digunakan sebagai parameter masukan kontroler fuzzy kurang linier, hal ini diakibatkan faktor mekanik dari sensor. Akan tetapi jika disimulasikan menggunakan potensiometer pembacaan bisa linier.
3. Penerapan control logika fuzzy pada suatu sistem dengan satu masukan dan set poin tetap ternyata tidak begitu dapat terlihat perbedaan dengan

kontroler biasa. Hal ini dikarenakan seharusnya jika menggunakan satu masukan maka set poin juga harus berubah sesuai dengan pembacaan sensor.

#### 4. Daftar Pustaka

- Yosef, Process Equipment Control: (3) Centrifugal Pump Control. 2009. Diakses 26 Januari 2009, dari Asro Blog.  
<http://asro.wordpress.com/category/process-equipment-control.html>
- Sukarlana, Ir. Katjuk Astrowulan, MSEE "Perancangan dan Implementasi kontroler logika fuzzy pada sistem pengaturan tekanan pompa air", *Theses of master Electrical Engineering ITS*. 2002
- Kuswadi, Son "Kendali Cerdas: teori dan aplikasi praktisnya", Surabaya:andi.2007
- Atmel "Data Sheet 8-bit AVR Microkontroller ATmega16", *Atmel Corporation*, 2002
- Heres Deny Wasito "Pengaturan tekanan pada pompa air PDAM untuk menjaga kestabilan pelayanan konsumen dan pengaruh pada manajemen energy listrik", *Proyek akhir PENS-ITS*.2002
- Rizki Jafhianta "pengaturan motor induksi 1 fasa sebagai penggerak mobil listrik menggunakan controller PID dan FLC", *Proyek akhir PENS-ITS*.2008
- Hari Pramujito "Implementasi Fuzzy Logic Controller Pada Motor Dc Sebagai Penggerak Kursi Roda Elektrik Dilengkapi Dengan Safety Distance System (Software)", *Proyek akhir PENS-ITS*.2007
- Era Purwanto, dkk. " Aplikasi Pembelajaran Mandiri Untuk Fuzzy Logic Control (FLC) pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi", *Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan*. 2005
- Jun Yuan, Michael Ryan, James Power, "Using Fuzzy Logic", London:Prentice Hall International.1994
- Steve Mars, Dkk, "Fuzzy Logic Program 2.0 (Introduction)", Texas:Cortex Communication,Inc. 1994